

侵彻子弹在机场跑道中的爆破实验研究

高金霞, 李鹏飞

(西安近代化学研究所, 陕西 西安, 710065)

摘要: 为研究侵彻子弹对机场跑道的毁伤效果, 进行了侵彻子弹在各级机场跑道中的爆炸实验。实验结果表明, 侵彻子弹在各级实验靶中最佳炸深时的破坏效果由大到小依次为沥青靶、二级靶、一级靶、特级靶; 根据实验结果拟合得到炸深与爆坑半径的关系曲线, 拟合曲线呈抛物线状, 并得到可用于工程计算的公式; 此外, 拟合出单位炸深时爆坑半径与装药量的关系曲线。研究结果为侵彻子弹的引信设计提供了依据。

关键词: 侵彻子弹; 炸深; 装药量; 爆坑半径

中图分类号: TJ45⁺9 **文献标识码:** A

Experimental Study on the Penetrator Explosion in Runway

GAO Jin-xia, LI Peng-fei

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an, 710065)

Abstract: In order to study the damage effect of the penetrator explosion in runway, the experiments of penetrator explosion in all types of runway were developed. Results showed that the destructive degree from higher to lower at the optimal explosive depth of penetrator in all types of runway were bitumen target, target , target ,and super target respectively. The fitted curves of the relation between explosive depth and crater's radius were obtained, and the curve is a parabola, so the equation applied to the engineering computation was also acquired. Meanwhile, the curve of relation between crater's radius and mass of charge with one meter explosive depth was fitted. The study provided the foundation for the penetrator's fuse design.

Key words: Penetrator ; Explosive depth ; Charge mass ; Crater's radius

在未来战争中, 打击和毁伤敌方机场跑道及辅助设施, 可以有效迟滞和阻止敌方作战飞机的使用, 为取得作战制空主动权具有十分重要意义^[1]。

动能侵彻子弹通过子弹自身动能钻入机场跑道一定深度后爆炸, 使机场跑道破坏^[2]。为充分发挥侵彻子弹的效能, 战斗部往往利用引信控制最佳炸点进行爆炸, 从而达到最佳破坏效果, 增加机场跑道的修复难度。

笔者开展侵彻子弹在各等级机场跑道中的爆破实验研究, 为引信炸深控制设计提供依据。

1 实验设计

1.1 实验弹体

实验弹装填 JHL-2 炸药, 装药密度 $1.88\text{kg}/\text{m}^3$, 炸药爆热为 $7400\text{kJ}/\text{kg}$ 。A 型子弹装药质量 1.3kg , B 型子弹装药质量 6.1kg , C 型子弹装药质量 8.2kg 。

1.2 实验靶板

表 1 为本次实验靶的状态。

按国军标《侵彻爆破子弹机场道面靶技术要求》,

收稿日期: 2009-07-20

作者简介: 高金霞 (1974-), 女, 工程师, 从事战斗部目标装药技术研究。

实验靶为双层道面靶标，由面层水泥混凝土和基层贫水泥混凝土两层组成，底层为压实土层。面层混凝土 28d 抗压强度不低于 4.5MPa，基层混凝土 28d 抗压强度不低于 40MPa，靶标平面尺寸为 1 200mm × 1 200 mm，保证轴向可近似按无限介质看待。

表 1 实验靶状态
Tab.1 State of experimental target

实验靶类型	面层厚/mm	基层厚/mm
特级靶	450	500
一级靶	350	400
二级靶	250	300
沥青靶	350	400

1.3 实验方法

将子弹放入实验靶的预制弹孔中，然后用雷管引爆子弹，实验场地结构模型见图 1。

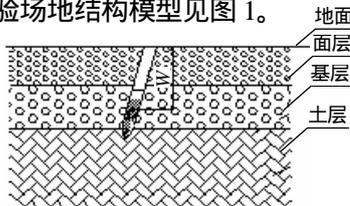


图 1 实验场地结构模型
Fig.1 Structural model of field

2 实验结果及分析

2.1 实验结果

子弹在各等级机场跑道中进行了不同埋深时的静爆实验，实验结果见表 2。

表 2 静爆实验结果
Tab.2 The result of explosive experiments

实验靶	子弹类型	装药质量/g	炸点深度/m	爆坑平均半径/m	毁伤现象
特级靶	A	1 300	0.55	0.86	爆坑
			0.60	0.90	爆坑
			0.70	0	隆起
	B	6 100	0.60	1.23	爆坑
			0.80	2.13	爆坑
			1.00	2.03	爆坑及环向裂纹
C	8 200	1.20	1.53	爆坑及环向裂纹	
		0.60	2.13	爆坑及环向裂纹	
		0.80	2.53	爆坑及环向裂纹	
一级靶	B	6 100	1.30	3.0	爆坑及环向裂纹
			0.60	2.65	爆坑及环向裂纹
			0.80	3.36	爆坑及环向裂纹
			1.20	2.62	爆坑及环向裂纹
二级靶	B	6 100	1.60	0	轻微隆起
			1.30	2.28	爆坑及环向裂纹
			1.50	0	轻微隆起
沥青靶	B	6 100	0.80	2.00	爆坑
			1.40	3.30	爆坑及环向裂纹
			1.50	3.06	爆坑及环向裂纹
			1.80	0	轻微隆起

2.2 实验分析

影响靶板破坏面积的主要因素有炸深、装药量、倾角、地基状况、靶板强度和厚度等^[3]，这里主要讨论炸深、装药量、靶板对破坏面积的影响。

2.2.1 炸深对破坏面积的影响

装药量与靶板一定时，仅考虑炸深对破坏面积的影响。对 B 型子弹在特级、一级、沥青靶中的有效数据进行拟合，炸深(W)与爆坑半径(R)关系曲线见图 2。图 2 中的曲线为抛物线，开始阶段爆坑半径随着炸深的增加而增加至最大值，随后爆坑半径随着炸深的增加而减小至零。

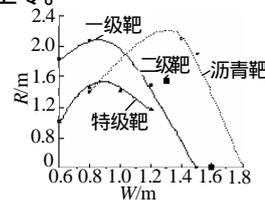


图 2 B 型子弹在各级实验靶中炸深与爆坑半径的关系
Fig.2 Relations between the explosive depth and the crater's radius of penetrator B in all types of target

因此，当装药量与靶板一定时，存在一个最佳炸深，炸深过深或过浅将不能形成有效爆坑或爆坑没有达到最大化，只有炸深接近最佳炸点深度时，破坏面积最大。

2.2.2 实验靶对破坏面积的影响

由于 B 型子弹在二级靶中不能得出拟合曲线，但通过其实验数据点与其它拟合曲线（如图 2）进行对比，可以推出，当装药量一定时，子弹在各级实验靶中最佳埋深时的爆坑半径由大到小依次为沥青靶、二级靶、一级靶和特级靶。

2.2.3 装药量对破坏面积的影响

当炸深与实验靶板一定时，只考虑装药量对破坏面积的影响。对 A、B、C 型子弹在特级靶中的有效实验数据分别进行拟合，得到 3 种装药量对应的炸深与爆坑半径关系曲线，见图 3。

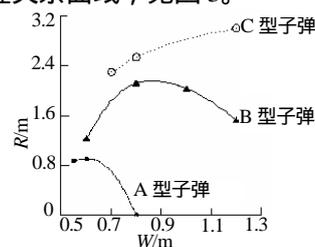


图 3 A、B、C 子弹在特级靶中炸深与爆坑半径的关系
Fig.3 Relations between the explosive depth and the crater's radius of penetrator A、B、C in super target

图3中3条曲线均为抛物线,在炸深和实验靶板相同的情况下,随着装药量的增加,爆坑半径增大。

2.2.4 最佳炸深及爆坑半径计算

令爆坑半径为 R , 子弹炸深为 W , 由于两者间的关系呈抛物线状, 可以拟合经验公式^[4]:

$$R=aW^2+bW+c \quad (1)$$

式(1)中: a 、 b 、 c 为拟合公式参数。根据实验结果计算出 B 型子弹在特级、一级、沥青靶中以及 A、C 型子弹在特级靶中的 a 、 b 、 c 参数, 从而计算出最佳炸点深度及对应的爆坑半径, 计算结果见表 3。

表 3 子弹经验公式参数计算结果

子弹	靶板	a	b	c	最佳炸深 /m	最大爆坑半径 /m
A 型	特级	-28	34.4	-9.66	0.61	0.91
B 型	特级	-10	18.5	-6.27	0.92	2.28
B 型	一级	-5.8	79.88	-0.78	0.84	3.37
B 型	沥青	-11.6	28.6	-14.2	1.23	3.40
C 型	特级	-2.94	7.05	-1.2	1.20	3.03

3 装药量、炸深、爆坑半径的关系

炸药长径比不大于 6 时, 其爆炸效果与球型药柱接近^[5], 以上实验子弹长径比均小于 6, 可近似按球形装药处理。采用多层介质爆破成坑表达式^[6]来表述子弹在各级靶中装药量、炸深及爆坑半径的关系。

$$\frac{R}{W} = K \left(\frac{m_e^{1/3}}{W} \right)^\alpha \cdot g(d) \quad (2)$$

式(2)中: K 为待定的常系数; α 为待定幂指数; $g(d)$ 是土壤强度修正系数; m_e 为装药量。首先将公式(2)线性化, 公式两边同取自然对数, 以 $\ln(m_e^{1/3}/W)$ 为变量 X , $\ln(R/W)$ 为变量 Y , 得出线性关系式 $Y=AX+B$, 然后根据实验结果, 拟合出表达式的常系数 A 和 B 。

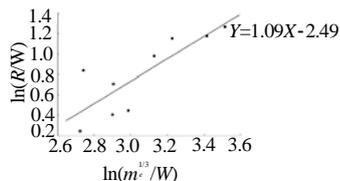


图 4 单位炸深时特级靶中爆坑半径与装药量的关系
Fig.4 Relations of crater's radius to charge mass with one meter explosive depth in super target

单位埋深时特级靶的爆坑半径与装药量关系拟合曲线见图 4, 即 $Y=1.09X-2.49$ 。

由于弹药实际爆轰与理想计算状态有一定差距, 且以上试验子弹均带有壳体, 因此试验计算值与拟合曲线有一定偏差。

4 结论

(1) 装药量与跑道类型一定时, 炸深(W)与爆坑半径(R)关系拟合曲线呈抛物线状, 开始阶段爆坑半径随着炸深的增加而增加至最大, 随后减小至零。

(2) 子弹装药量一定时, 子弹在各级跑道中最佳炸深时的爆坑半径由大到小依次为沥青靶、二级靶、一级靶和特级靶。

(3) 炸深和跑道类型相同的情况下, 随着装药量的增加, 破坏面积增大。

(4) 根据实验拟合曲线, 计算出了最佳炸深和对应的爆坑半径。

(5) 利用爆破成坑经验表达式, 拟合出单位炸深时特级靶的爆坑半径与装药量关系曲线, 即 $Y=1.09X-2.49$ 。

参考文献:

- [1] 计冬奎. 机场跑道在动能侵彻型弹药爆破作用下的毁伤机理研究[C]//中国宇航学会第九届年会论文集.北京:中国宇航学会,2005:97-100.
- [2] 郑腾. 某动能侵彻子弹装药传爆可靠性分析[J].火工品, 2005(5):19-22.
- [3] 惠君明,陈天云.炸药爆炸理论[M].南京:江苏科学技术出版社,1995.
- [4] 赵楠.混凝土中爆炸效应研究[C]//中国宇航学会第九届年会论文集.北京:中国宇航学会,2005.
- [5] 孙再东,李寿喜,彭建华.VCR 法爆破参数与爆破漏斗实验[J].矿冶工程,1984(4):14-17.
- [6] 王清洁.多层介质中爆炸破坏效应的实验研究[J].工程爆破,2003,9(2):7-11.